

GONDOLKODÓ



Feladatok

Szerkesztő: Borbás Réka, Magyarfalvi Gábor, Varga Szilárd, Zagyai Péter

A megoldásokat 2021. március 25-ig lehet a kokel.mke.org.hu honlapon keresztül feltölteni, vagy postára adás után regisztrálni. A formai követelmények figyelmes betartását kérjük. A postacím:

KÖKÉL Gondolkodó

ELTE Kémiai Intézet

Budapest 112

Pf. 32

1518

A K feladatsorra beküldött megoldásokból a legjobb 5 feladatot számítjuk csak be fordulónként. A 11-12. évfolyamos diákok esetében a nehezebb (csillagozott) példák mindenképp bekerülnek az 5 közé.

K388. Kémiaórán a magnéziumot vizsgálták. A tanár a magnézium redukáló képességéhez az alábbi kísérletet végezte el. Szén-dioxiddal megtöltött egy $20\text{ cm} \times 15\text{ cm} \times 18\text{ cm}$ -es üvegkádát. Ezek után meggyújtott egy csipeszbe befogott $0,700$ gramm magnéziumszalagot Bunsen-égővel, amelyet aztán belógatott a kádba. Pattogó hang kíséretében itt a magnézium elégett. A szalag fehér porrá változott, amelyen fekete por is volt, illetve a csipeszben maradt része nem égett el. Ezek után félretette a szalagot, hogy szakkörön tovább vizsgálják.

- Mennyi szilárd nátrium-karbonátra és hány gramm $5,00\text{ m/m}\%$ -os sósavra van szükség elvben, hogy ezekből a reagensekből gázt fejlesztve, a kádat teljesen kitöltse a szén-dioxid?
- Írd fel a tanórai kísérletben lejátszódott folyamatokat!

Szakkörön megmérték az órai kísérlet termékét, és tömege 1,172 grammnak adódott. Feloldották sósavban, és megmérték a fejlődő gáz térfogatát, 25 °C-on és 101 kPa nyomáson 40,3 cm³-t mértek. Az oldatból némi fekete port is leszűrtek, megszáritottak, és megmérték a tömegét.

c) *Hány százaléka nem égett el a magnéziumnak?*

d) *Mekkora volt a fekete por tömege?*

e) *Mi volt a szakkörön vizsgált minta tömegszázalékos összetétele?*

(Borbás Réka)

K389. A gázok oldhatóságánál gyakran hallunk a keszonbetegségről, mélységi mámorról. Mindkettő annak a következménye, hogy a nitrogén nagyobb nyomáson beoldódik a vérbe. A mélységi mámor a bűvároknál merüléskor 30-40 méter mélységben következhet be, amikor a vérben oldott nitrogén a részegséghez hasonló tüneteket produkálhat, a bűvár elveszítheti önkontrollját. A keszonbetegség pedig akkor következik be, ha a bűvár gyorsan emelkedik nagyobb mélységből, és a vérében oldott nitrogén hirtelen távozik, és az így keletkezett buborékok miatt a sejtek nem juthatnak oxigénhez.

A gázok oldhatóságának nyomásfüggését a Henry-törvény írja le: $p = H \cdot c$, ahol p az adott gáz parciális nyomása (azaz a gázkeverék nyomásának és az adott komponens anyagmennyiség-törtjének szorzata), H a gázra jellemző arányossági tényező, c az anyagmennyiség-koncentráció. Az arányossági tényezők az alábbi táblázatban láthatók. (Az adatok 25°C-ra vonatkoznak.)

Gáz	H (kPa·dm ³ /mol)
He	$2,894 \cdot 10^5$
O ₂	$4,613 \cdot 10^4$
N ₂	$1,616 \cdot 10^5$

A számításoknál számoljunk 78 V/V% nitrogén-, és 21 V/V% oxigéntartalommal a levegőben.

a) *Számítsd ki, hogy standard légköri nyomáson mennyi az oldott oxigén és a nitrogén mol/dm³-ben kifejezett koncentrációja a levegővel*

egyensúlyban lévő vízben! Mekkora térfogatot töltene ki a két gáz külön-külön, ha 1,00 dm³ vízből eltávozna?

Tegyük fel, hogy egy bűvár 20 méter mélységbe merül. A merülés során lélegezzen be a levegővel azonos összetételű palackozott levegőt, és az így belélegzett levegő nyomása egyezzen meg a külső nyomással, amely a légköri nyomás és a fölötté lévő vízoszlop nyomásának összege ($p_{\text{teljes}} = 101 \text{ kPa} + \rho_{\text{víz}} \cdot g \cdot h$, ahol h a vízoszlop magassága). A hőmérsékletet az egyszerűség kedvéért tekintsük 25 °C-nak, és a víz sűrűségét pedig 1,00 g/cm³-nek.

- b) Mennyi 20 méter mélységben a bűvár vérének nitrogén- és oxigén-koncentrációja? (A tényleges értékek némileg eltérnek az így számítottól, nem csak a fenti egyszerűsítések miatt, hanem az emberi szervezetben zajló fiziológiás folyamatok miatt is, de kutatók szerint az eltérések csak kismértékűek a modelltől.)*
- c) Mennyi gáz távozna a véreből, ha hirtelen emelkedne 20 méter mélységből a tengerszintre? Az embernek átlagosan 5 liter vére van.*
- d) Mennyi hélium oldódna be a vérbe literenként 20 méter mélyen, ha a mesterséges levegőként olyan hélium-oxigén keveréket használna a bűvár, amelyben 21 V/V% az oxigén? Mennyi egy ilyen gázelegy sűrűsége egy 200 bar nyomásra töltött palackban 25 °C-on?*

Az oxigén már komolyan veszélyes lehet a szervezetre, ha annak parciális nyomása eléri a 160 kPa-t.

- e) A fenti mesterséges levegővel merülve 60 méter mélységbe, és a palack nyomását a külső nyomáson tartva biztonságos-e még a merülés az oxigén saját nyomása szempontjából?*

(Borbás Réka)

K390. A térfogati kontrakció az a jelenség, amikor két folyadék összeöntésével a keverék térfogata kisebb, mint a komponensek térfogatának összege. Ennek oka egyrészt az, hogy a tiszta fázisokban a részecskék közötti kölcsönhatás erőssége eltér a keverékben lévő kölcsönhatások erősségétől, másrészt pedig a részecskék mérete sem azonos. Így a keverékben a részecskék közelebb kerülhetnek egymáshoz, amely a térfogat csökkenését okozhatja.

Vizsgáljuk meg az etanol, az izopropanol (propán-2-ol) és a tercier butanol (2-metilpropán-2-ol) térfogati kontrakcióját különböző töménységű alkohol-víz elegyekben.

Számítsd ki, hogy hány cm^3 -rel csökken az elegy térfogata a komponensek össz térfogatához képest, ha m tömegszázalékos oldatokat állítunk elő úgy, hogy $V \text{ cm}^3$ alkoholt elegyítünk $100 - V \text{ cm}^3$ vízzel. Ábrázold a kapott értékeket a tömegszázalék függvényében egyetlen grafikonon, és hasonlítsd össze a különböző alkoholok esetében kapott értékeket. Milyen következtetéseket vonsz le a grafikon alapján?

A számításokhoz az alábbi elegy sűrűségeket használhatod. Az adatok 25°C -ra vonatkoznak.

$m/m \%$ alkohol	$\rho / \text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$		
	etanol	propán-2-ol	2-metilpropán-2-ol
0	0,9982	0,9982	0,9982
5,0	0,9894	0,9884	0,9889
10,0	0,9818	0,9816	0,9818
25,0	0,9616	0,9611	0,9567
32,0	0,9504	0,9478	0,9412
40,0	0,9351	0,9302	0,9222
50,0	0,9135	0,9066	0,8989
70,0	0,8675	0,8580	0,8517
80,0	0,8434	0,8341	0,8283
90,0	0,8179	0,8096	0,8040
95,0	0,8041	0,7973	0,7922
100,0	0,7890	0,7850	0,7810

(Borbás Réka)

K391. A tanár kémiaórán a következő kísérletet mutatja be. Egy nagy kémcsőbe egymásra rétegez 5-5-5 cm³ toluolt, kloroformot (triklórmetánt) és vizet, a megfelelő sorrendben. (A három folyadék sűrűsége az említett sorrendben: 0,867 g/cm³, 1,49 g/cm³ és 0,998 g/cm³.) Majd egy kevés jódkristályt szór a kémcsőbe, és üvegbottal körkörösén megkeveri.

a) *Mit láthatunk a helyesen elvégzett kísérlet esetén?*

Ezek után a kémcsövet jól ledugaszolva összerázza a három folyadékot.

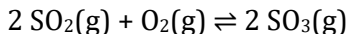
b) *Milyen tapasztalat figyelhető meg ekkor? Miért?*

c) *Milyen térfogatokat kellett volna alkalmazni a három folyadékból, hogy összerázás után a különböző polaritású fázisok elkülönülése esetén se legyen egyértelmű, melyik lesz a felső és az alsó fázis, azaz egyik fázis folyadékcseppjei se ússzanak fel vagy le?*

A kloroform és a toluol elegyének sűrűsége a két tiszta folyadék sűrűsége között lineárisan változik a tömegszázalékkal. A különböző polaritású fázisok egymásban való oldhatóságától tekintsünk el.

(Borbás Réka)

K392. A kén-dioxid és oxigén közötti egyensúlyt az alábbi egyenlet írja le:



Ha a kiindulási gázok összkoncentrációja 10,0 mol/dm³, és a kén-dioxid : oxigén arány sztöchiometrikus, akkor 400 °C-on a kén-dioxid átalakulásának mértéke 23,6%.

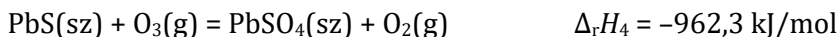
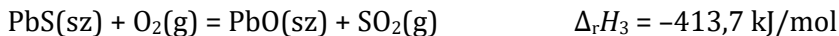
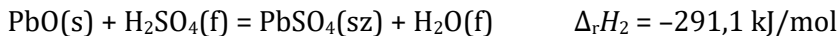
a) *Mennyi a folyamat koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandója 400 °C-on?*

b) *Mennyi legyen az összkoncentrációja a kén-dioxidnak és az oxigénnek, ha 1:2 kiindulási mólarány mellett 400 °C-on ugyanilyen átalakulási arányt szeretnénk?*

c) *600 °C-on a folyamat koncentrációkkal kifejezett egyensúlyi állandója 1,010 dm³/mol. Milyen arányban keverjük össze a kén-dioxidot és az oxigént, hogy a kiindulási anyagok 10,0 mol/dm³-es összkoncentrációja mellett az átalakulás mértéke szintén 23,6% legyen?*

(Borbás Réka)

K393.* Ismerjük az alábbi folyamatok reakcióhőjét (az egyenletek nem mindegyike rendezett, a reakcióhők a legkisebb egészekkel megadott rendezett egyenletekre vonatkoznak).



A fenti adatok segítségével számítsd ki az ózon képződéshőjét!

(Borbás Réka)

K394.* Egy vegyület széntartalma 18,93 m/m%, oxigéntartalma 25,21 m/m%. Ezenkívül csak egyféle halogénelemet tartalmaz. A vegyület gőzének sűrűsége 70 °C-on, 100 kPa nyomáson 4,45 g/dm³.

a) Mi a vegyület moláris tömege, képlete és szerkezete?

A vegyület 1,00 grammját feleslegben lévő nátrium-hidroxid-oldatban oldjuk, ekkor színtelen gáz fejlődik, amelyet víz alatt felfogva 21 °C-on és 100 kPa nyomáson 192 cm³ térfogatúnak mértünk. Az oldathoz híg Ba(NO₃)₂-oldatot adva fehér csapadék válik ki, melynek tömege 1,554 g.

b) Írd fel az NaOH-oldatban való oldódás egyenletét! Válaszodat számításal indokold!

(Borbás Réka)

K395.* A mitikus karanténium fémet régóta ismerik. Mi itt most egyszerűen Me vegyjellel jelöljük. A fémnek két kloridja van, az egyikben az oxidációs szám +2, a másikban +4. Az előző vegyület egy fehér szilárd anyag, az utóbbi egy színtelen, illékony, olajszerű folyadék, amely levegővel érintkezve füstölög. Ennek előállítását már 400 éve leírták, de nem kizárt, hogy az alkimisták „szárnyas sarkánya” is ez az anyag volt.

Az MeCl₂ vizes oldata a fém híg sósavban való oldásával előállítható, ebből bepárlással egy kristályvizes só keletkezik. Ebből a sóból a víztartalom ecetsav-anhidriddel eltávolítható. Egy mólnyi só vízmentesítéséhez 188,9 cm³ térfogatú, 1,08 g/cm³ sűrűségű anhidridre van szükség.

a) Írd fel a sósavas oldás és az ecetsav-anhidrides vízmentesítés egyenletét! Mi a kristályvizes só képlete?

A szilárd, vízmentes MeCl_2 kovalens jellegű, láncokból áll, amelyben MeCl_2 egységek vannak. A láncban kétféle Me – Cl kötéstávolság van, és a klór kétféle helyzetben fordul elő. A vízmentes szilárd anyag 700°C alatt megolvad és forrni kezd.

b) Becsüld meg a kötésszöget a központi atom körül, feltételezve, hogy a gáz-halmazállapotú MeCl_2 molekulájában egy nemkötő elektronpár van a központi atom körül, és csak egyféle klór van benne!

c) Rajzold fel a szilárd MeCl_2 ismétlődő egységét!

Az MeCl_4 előállításához MeCl_2 -t oxidálni kell például higany(II)-klorid segítségével.

d) Írj fel két lehetséges MeCl_4 előállítási módot, figyelembe véve, hogy a higanynak van higany(I)-kloridja (Hg_2Cl_2) is!

Az MeCl_4 azért füstölög a levegőn, mert a levegő páratartalmával reagál, a folyamatban a fémből oxid keletkezik, és még egy további termék.

e) Add meg a lejátszódó reakció egyenletét!

A karanténium-tetraklorid reagál LiAlH_4 -del is. Ez utóbbi vegyület erőlyes redukálószerként is ismert, hidridion átadására képes. A reakcióban három termék keletkezik: két só és egy gáz. Ha ennek a gáznak egy mintáját egy tartályban tároljuk, akkor a nyomása egy idő után megkétszereződik, és fémes lerakódás képződik.

f) Írd fel az MeCl_4 és az LiAlH_4 reakcióját!

g) Rajzold fel a képződő gáz molekulájának térszerkezetét, és becsüld meg a kötésszögeket!

h) Írd fel a gáz állás közben lezajló változását leíró egyenletet!

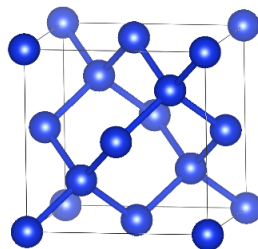
(angol feladat alapján)

H346. Az SI alapegységeinek definícióját 2019-ben átalakították. Tekintsünk át néhány, a kémiát is érintő kérdést.

Az átalakítás előtt az Avogadro-állandó (N_A) definíciója ez volt: "az atomok száma $0,012\text{ kg }^{12}\text{C}$ izotóp mintájában". Ennek kísérleti meghatározásához $0,012\text{ kg}$ izotóp tömegét pontosan meg kell mérni. Szükséges

ehhez egy tömegreferencia, ami hagyományosan a kilogramm Párizsban őrzött etalonja volt.

A gyakorlatban az N_A pontos meghatározásához egy nemzetközi kutatási együttműködés (japán tagokkal) egy olyan szilícium egykristályt növesztett, ami csupán a ^{28}Si izotóp atomjait tartalmazta. A Si kristályrácsában az atomok elrendeződése a gyémántrácsnak felel meg. A köbös, kocka alakú elemi cellát mutatja az ábra.



a) *Hány Si atom jut egy elemi cellára? Legyen ez „n”.*

Az elemi cella élének hossza a [m]. A ^{28}Si atomtömege $m = 28,09 u$, ahol u az elemi tömegegység, egy alapállapotú ^{12}C atom tömegének egy tizenketted része.

b) *Írj fel egy összefüggést az egykristály sűrűségére (d [kg m $^{-3}$]), az n , m , N_A és a használatával!*

Az egykristályból egy olyan, tökéleteshez közelítő alakú gömböt készítettek, amelynek a sugara, $r = 4,69$ cm volt. Ennek tömegét a kilogramm etalonhoz viszonyítva megmérték, és $w = 1,00$ kg-ot kaptak. Az elemi cella méretét röntgendiffrakciós méréssel határozták meg: $a = 5,43$ Å.

c) *Számold ki az N_A így kapott értékét (három értékes jeggyel)!*

Az újradefiniálás után az N_A fenti módon pontosan (sok értékes jegyre) megkapott értékét rögzítették (más természeti állandók értékéhez hasonlóan), ezért most már N_A darab ^{12}C atomnak nem lesz feltétlenül pontosan 0,012 kg a tömege. Az új definícióknak köszönhetően viszont a tömeget a kilogramm etalonja nélkül is meg lehet határozni. Nem lesz szükség az etalon másolataira, és az etalonok időbeli változása sem jelenthet gondot. Más mértékegységeket korábban is már így, természeti állandók segítségével definiáltak. Az alábbi táblázat három ilyen rögzített állandót tartalmaz.

Állandó	Jel	Definiált érték	Mértékegység
Avogadro-állandó	N_A	$6,02214076 \times 10^{23}$	mol $^{-1}$
Planck-állandó	h	$6,62607015 \times 10^{-34}$	J s
Fénysebesség	c	$2,99792458 \times 10^8$	m s $^{-1}$

Bár az Avogadro-állandó segítségével is megoldható lett volna, a kilogrammot a Planck-állandó segítségével definiálták újra. Az állandó mértékegysége J s, azaz $\text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$.

Szükséges ismernünk ehhez a másodperc és a méter definícióját. A másodperc esetén a ^{133}Cs atom két meghatározott állapota közt átmenetet okozó sugárzás frekvenciáját, $\Delta\nu_{\text{Cs}} = 9192631770 \text{ s}^{-1}$ értéken rögzítették. Tehát egy másodperc ezen sugárzás 9192631770 periódusideje:

$$1 \text{ s} = \frac{9192631770}{\Delta\nu(\text{Cs})}$$

A métert pedig a fénysebesség értékének rögzítése definiálja. 1 méter az a távolság, amit a fény egy másodperc alatt megtesz vákuumban:

$$1 \text{ m} = \frac{9192631770}{299792458} \cdot \frac{c}{\Delta\nu(\text{Cs})} = 30,633319 \frac{c}{\Delta\nu(\text{Cs})}$$

d) Írd fel a kilogramm új definícióját hasonló formában, nyolc értékes jeggyel!

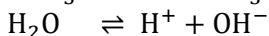
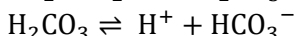
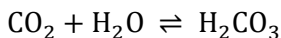
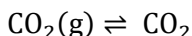
A tömeg-energia ekvivalencia is felhasználható lett volna elvben az újra-definiálás során. Egy részecske nyugalmi tömege, m , ugyanis megfeleltethető a ν frekvenciájú elektromágneses sugárzás energiakvantumjának:

$$h\nu = mc^2$$

e) Hány kg lenne a 635 nm-en sugárzó lézermutató által kibocsátott fotonok látszólagos tömege?

(japán feladat)

H347. Vizsgáljuk a légkörben növekvő koncentrációjú szén-dioxid szerepét a természetes vizek savasodásában. Tekintsük az alábbi egyensúlyokat!



$$K_{\text{gas}} = 10^{-1.46}$$

$$K_{\text{hyd}} = 10^{-2.70}$$

$$K_{\text{a1}} = 10^{-3.65}$$

$$K_{\text{a2}} = 10^{-10.33}$$

$$K_{\text{w}} = 10^{-14.00}$$

Az összes speciesz, a $\text{CO}_2(\text{g})$ és H_2O kivételével oldott anyagnak tekinthető, és ezért anyagmennyiség-koncentrációjuk értékével szerepelnek az egyensúlyi állandókban. A szén-dioxid-koncentráció a légkörben jelenleg 410 ppm, a megfelelő egyensúlyi állandóba a $\text{CO}_2(\text{g})$ bar mértékegységben mért parciális nyomásának értéke ($p_{\text{CO}_2}/p^\ominus$) kerül.

Erre a rendszerre a töltésegyensúly:

$$[\text{H}^+] = [\text{OH}^-] + [\text{HCO}_3^-] + 2[\text{CO}_3^{2-}]$$

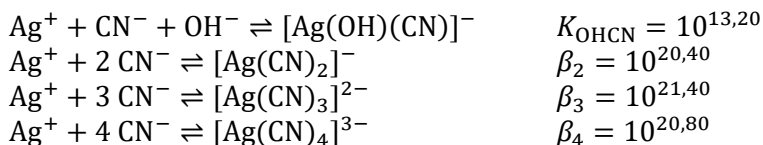
- a) Számítsd ki a légkörrel egyensúlyban levő tiszta víz pH-ját megfelelő elhanyagolásokkal, a fenti állandókat és a töltésegyensúly összefüggését felhasználva!

Ha a víz pH-ját megváltoztatjuk egy egységgel, miközben továbbra is fennáll a légkörrel való egyensúly, akkor a teljes oldott szén-dioxid mennyisége megváltozik.

- b) Hányszorosára változik a teljes oldott szén-dioxid-koncentráció, ha a pH egy egységgel növekszik, illetve, ha egy egységgel csökken?

(japán feladat)

H348. Tárgyakat elektrolitikusan ezüstözni általában bázisos, cianid-tartalmú oldatok segítségével szoktak. Anódként ezüstelektrodót, katódként a bevonandó tárgyat kötik be. Az oldatban az Ag^+ többféle komplexet alkot. A komplexképződések egyensúlyi állandói ismertek.



Tekintsünk egy olyan oldatot, amelyben a cianid- és hidroxidionok koncentrációja 1,00-1,00 M, az oldott ezüst teljes koncentrációja pedig 1,00 mM.

- a) Rendezd csökkenő egyensúlyi koncentrációjuk alapján sorba az öt ezüstartalmú specieszt! Számítsd ki a legnagyobb koncentráció értékét!
- b) Milyen tartományban változhat a $[\text{CN}^-]$ értéke, hogy a fent megállapított sorrend ne változzon meg?

(japán feladat)

H349. A feladatban használt spektrofotometriai fogalmakról a KÖKÉL 2009/5., 359. oldalán is találni segédletet.

Az indikátorok kvalitatív információt adnak az oldatok kémhatásáról. Az oldatok fényelnyelését vizsgálva a pH-ra is következtethetünk.

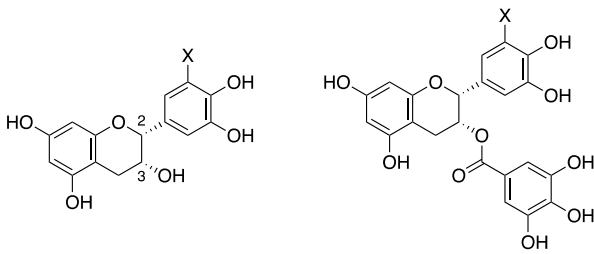
A brómtimolkék (BTB) indikátor savi disszociációállandója $10^{-7,10}$. Eltérő pH-n 1,00 cm úthosszúságú küvetákban $200 \mu\text{mol dm}^{-3}$ BTB-oldatok abszorbanciáit mérték meg.

Hullámhossz	420 nm	501 nm	520 nm
pH = 2,00	1,74	0,70	0,36
pH = 12,00	0,60	0,70	1,06

- Mi a BTB protonált és deprotonált formájának a moláris abszorpciókoefficiense ezen a három hullámhosszon?*
- Egy BTB-t tartalmazó vizes oldat abszorbanciája 420 és 520 nm-en 1,13 és 0,52 volt. Mi volt az oldat pH-ja, ha más színes anyag nem volt jelen az oldatban?*
- Ezt az oldatot ötszörös térfogatra hígították 1,00-es pH-jú sósavoldattal. Mi lett a kapott oldat abszorbanciája 501 nm-en? Mi lesz a kapott oldat abszorbanciája 501 nm-en, ha nem sósavoldattal, hanem 12-es pH-jú NaOH-oldattal hígítjuk?*

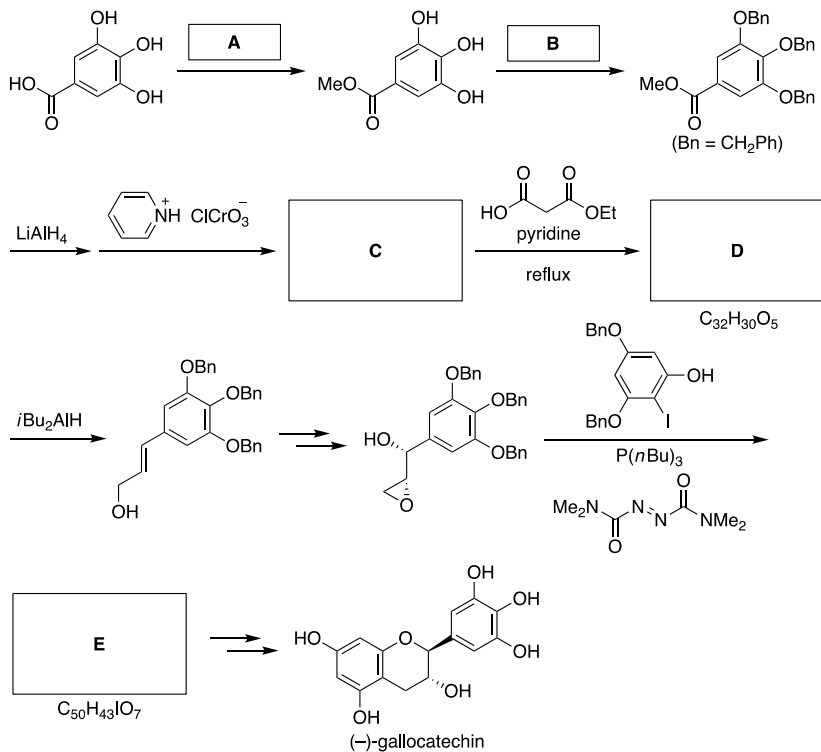
(japán feladat)

H350. Japánban a teatermesztés és teaivás kultúrája a 11. század eleje óta fejlődik. A zöld tea jellegzetes ízét adó katechineknek sokféle jótékony hatást tulajdonítanak. Ilyen vegyület a bal oldali (–)-epikatechin ($X=H$) és (–)-epigallokatechin ($X=OH$), és a gallátjaik (jobb oldalon):



a) Add meg a (-)-epikatechin két királis szénatomjának abszolút konfigurációját az R/S jelöléssel!

A következő séma a (-)-gallokatechin egy szintézisét mutatja. Ez az anyag a teában található (-)-epigallokatechin egyik epimere.



b) Milyen körülmények a legjobbak az **A** átalakításra a felsoroltak közül?

MeMgBr, THF	NaOMe, THF	NaBH ₄ , MeOH	HCl, MeOH
-------------	------------	--------------------------	-----------

c) Milyen körülmények a legjobbak a **B** átalakításra a felsoroltak közül?

PhCH ₂ OH, NaH	PhCH ₂ Cl, NaH	PhCHO, HCl	PhCO ₂ H, HCl
------------------------------	---------------------------	------------	--------------------------

d) Rajzold fel a **C**, **D** és **E** szerkezeteket, és ahol szükséges, tüntesd fel a sztereokémiát is!

(japán feladat)

Megoldások

K371. a) Átlagos cseppméretek: $d_k = 73 \mu\text{m} = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m}$; $d_n = 370 \mu\text{m} = 3,7 \cdot 10^{-4} \text{ m}$

Sűrűségek (20 °C, táblázatból): $\rho_{\text{víz}} = 998,2 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{levegő}} = 1,2 \text{ kg/m}^3$.

A feladat által megadott többi adat felhasználásával a Stokes-törvénnyel ki lehet számolni a sebességeket (kisebb, ill. nagyobb cseppméret esetén is).

$$v_{\text{kisebb}} = \frac{(7,3 \cdot 10^{-5} \text{ m})^2 \cdot \left(998,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) \cdot 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{18 \cdot 1,815 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}} = 0,16 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Mivel $v = \frac{s}{t}$ így: $t_{\text{kisebb}} = \frac{s}{v} = \frac{1,5 \text{ m}}{0,1595 \frac{\text{m}}{\text{s}}} = 9,40 \text{ s}$

Nagyobb (370 μm) cseppek esetén ugyanezzel az eljárással:

$v_{\text{nagyobb}} = 4,10 \frac{\text{m}}{\text{s}}$; $t_{\text{nagyobb}} = 0,37 \text{ s}$.

b) 4 óra, azaz 14400 s alatt való kiülepedés esetén, feltételezve az a) részben megadott magasságot (1,5 m) a sebesség: $1,0417 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}$

Stokes-törvény rendezése:

$$d = \sqrt{\frac{v \cdot 18 \cdot \mu}{g \cdot (\Delta\rho)}} = \sqrt{\frac{1,0417 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 18 \cdot 1,815 \cdot 10^{-5} \frac{\text{Ns}}{\text{m}^2}}{9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot \left(1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} - 1,184 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)}} = 1,87 \mu\text{m}$$

1,87 μm -es cseppméret alatt célszerű szűrőberendezéses eltávolítást alkalmazni.

A beküldők többsége maximális pontot ért el, szép megoldások születtek. Néhányan külön kiszámolták a levegő sűrűségét is az egyetemes gáztörvény segítségével, bár igazán nem lett volna rá szükség.

(Horváth Donát)

K372. a) A Stokes-törvény folyadékokra érvényes formája:

$$v_{\text{ülepedés}} = d^2(\rho_{\text{részecske}} - \rho_{\text{közeg}})g/(18\eta),$$

ahol $v_{\text{ülepedés}}$ az ülepedés sebessége, $\rho_{\text{részecske}}$ és $\rho_{\text{közeg}}$ a vizsgált részecskék és a közeg sűrűsége, d a vizsgált részecskék átmérője, g a nehézségi gyorsulás, η a közeg dinamikai viszkozitása. Folyóvízben a 0,050 mm átmérőjű homokszemcsék esetén a megfelelő adatok:

$d = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$, $\rho_{\text{részecske}} = 1,9 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\rho_{\text{közeg}} = 998,2 \text{ kg/m}^3$, valamint $g = 9,81 \text{ m/s}^2$. A feladatban megadott viszkozitás érték a víz kinematikai viszkozitása, ebből a dinamikai viszkozitást a sűrűséggel történő szorzást követően kapjuk, azaz:

$$\eta = 1,006 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} \cdot 998,2 \text{ kg/m}^3 = 1,004 \cdot 10^{-3} \text{ kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$$

Ezeket a képletbe helyettesítve a homokszemcsék ülepedési sebességére $1,2 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$ adódik.

b) 40 nm átmérőjű aranysemcsék esetén $\rho_{\text{közeg}}$, g és η értékei az a) részben leírtak, de $d = 4,0 \cdot 10^{-8} \text{ m}$, $\rho_{\text{részecske}} = 1,93 \cdot 10^4 \text{ kg/m}^3$. Behelyettesítés után ülepedési sebességre az előzőnél jóval kisebb, $1,6 \cdot 10^{-8} \text{ m/s}$ értéket kapunk.

A feladatra Saracco Lucio küldött be hibátlan megoldást. A legtöbb megoldó a feladatban megadott kinematikai viszkozitást helyettesítette be a képletbe, a mértékegység ellenőrzésével ez azonban könnyen belátható, hogy nem helyes lépés, hiszen az így kapott eredmény nem sebesség dimenziójú. Több megoldó az általa kiszámított végeredményt nem normálalakban adta meg, ilyen kis értékeknél érdemes inkább ezt a formát választani.

(Vörös Tamás)

K373. a) $c = n/V = 0,0234 \text{ mol/dm}^3$

b) Nem következik, mert a két oldat sűrűsége eltérő. (Bár ilyen híg és ennyire közeli koncentrációjú oldatok esetén az eltérés csekély.)

c) $\Delta N = N_A \cdot \Delta n = N_A \cdot \Delta m/M \rightarrow \Delta N = 6 \cdot 10^{23} \text{ db} \cdot 0,03 / 192 = 9,375 \cdot 10^{19} \text{ db}$

d) $\rho = pM/RT$

$\rho_1/\rho_2 = T_2/T_1 = 0,945 \rightarrow$ A 37 °C-os gáz sűrűsége a 20 °C-os gázénak 94,5%-a, tehát 5,5%-kal kisebb annál.

e) Ha 100 cm³ az elegy, ebben 50 cm³ alkohol van; $m_a = 39,45 \text{ g}$. Az elegy tömege $m_e = 39,45 \text{ g} \cdot 100/42,65 = 92,5 \text{ g}$.

$\rho = m_e/V = 0,925 \text{ g/cm}^3$

f) Legyen 100 cm^3 elegy, tömege $96,18 \text{ g}$; ebben 30 cm^3 alkohol van, tömege $23,67 \text{ g}$. $m_{\text{víz}} = 72,51 \text{ g}$, $V_{\text{víz}} = 72,51 \text{ cm}^3$.

$$V_a : V_v = 30 : 72,51 = 1:2,4$$

Nagyon tanulságos Tóth Petra Lili (Földes Ferenc Gimnázium, Miskolc) megoldása: az elegyről sűrűsége alapján $25 \text{ m/m}\%$ -os összetétel állapítható meg. Ilyen módon a 25 g alkohol $31,7 \text{ cm}^3$, a 75 g víz térfogata 75 cm^3 . Az elegyítés előtti folyadéktérfogatok aránya:

$$V_a : V_v = 31 \text{ cm}^3 : 75 \text{ cm}^3 = 1:2,4$$

$$\text{g) } V = 100 \text{ cm}^3 = 0,1 \text{ dm}^3 \rightarrow n_s = 0,14 \text{ mol} \rightarrow n(\text{H}^+) = 0,14/250 \text{ mol}$$

$$[\text{H}^+] = n(\text{H}^+)/V = 5,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol}/0,1 \text{ dm}^3 = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ mol/dm}^3$$

$$\text{h) } M(\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}_2) = 130 \text{ g/mol}; M(\text{levegő}) = 29 \text{ g/mol}$$

$$\rho_e / \rho_{\text{lev}} = M_e / M_{\text{lev}} = 130/29 = 4,48$$

(Tóth Albertné)

K374. A keverék azonos állapotú levegőre vonatkoztatott sűrűsége $2,97$. A levegő átlagos moláris tömegét 29 g/mol -nak véve a vizsgált keverékünk átlagos moláris tömege $2,97 \cdot 29 \text{ g/mol} = 86 \text{ g/mol}$. Vizsgáljuk a továbbiakban a keverék 2 mólját, melyben a feladat adatai alapján a két halogénezett szénhidrogén $1 : 1$ anyagmennyiség-arányban van jelen, vagyis mindkét vegyületből 1 mólnyi van benne. 2 mól gázelegy tömege $86 \text{ g/mol} \cdot 2 \text{ mol} = 172 \text{ g}$. Ennek $20,92 \text{ m/m}\%$ -a, azaz 36 g -ja szén, $77,30 \text{ m/m}\%$ -a, vagyis 133 g -ja fluor, míg a fennmaradó 3 g hidrogén. Ez alapján tehát a vizsgált mennyiségű keverékben, azaz mindkét vegyület $1-1$ móljában összesen 3 mol C , 7 mol F és 3 mol H van. Mivel két telített, halogénezett szénhidrogénről van szó, a lehetséges összetételek: a) CF_4 és CF_3CH_3 (tetrafluormetán és $1,1,1$ -trifluoretán), b) CF_4 és $\text{CHF}_2\text{CH}_2\text{F}$ (tetrafluormetán és $1,1,2$ -trifluoretán), c) CHF_3 és $\text{CF}_3\text{CH}_2\text{F}$ (trifluormetán és $1,1,1,2$ -tetrafluoretán), d) CHF_3 és CHF_2CHF_2 (trifluormetán és $1,1,2,2$ -tetrafluoretán), e) CH_2F_2 és CF_3CHF_2 (difluormetán és pentafluoretán), f) CH_3F és C_2F_6 (fluormetán és hexafluoretán).

A feladatra összesen 7 teljes értékű megoldás érkezett, a pontszámok átlaga 6,9 pont. A megoldók többsége rájött arra, hogy a két vegyület összesen mekkora mennyiséget tartalmaz az egyes atomokból. Gyakori hiba volt azonban az, hogy nem tüntették fel az összes izomert lehetséges megoldásként, elsősorban a $\text{C}_2\text{H}_3\text{F}_3$ és $\text{C}_2\text{H}_2\text{F}_4$ összegképletek esetén hiányzott

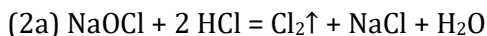
a lehetséges 2-2 konstitúciós izomer. Bár jellemzően a feladat megoldását nem befolyásolta, de fontos megjegyezni, hogy a 86 g/mol átlagos moláris tömegű keverékből 2 molt véve csak a tömeg értéke lesz 172 g, az átlagos moláris tömeg értéke változatlan marad.

(Vörös Tamás)

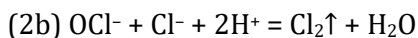
K375. A bioetanolt elsősorban mint üzemanyagot használják: a benzint helyettesíti vagy annak adalékanyagaként szolgál (kukoricabenzin). Megújuló energiaforrásnak számít, magas szénhidráttartalmú növényekből állítják elő: kukoricából, búzából, burgonyából (ezek keményítőtartalmából), esetleg szalmából (ez esetben cellulózból). A keményítő és a cellulóz monoszacharidokká történő hidrolíziséhez híg sósavat vagy híg kénsavat használnak, az etanol pedig enzimatisus úton képződik a monoszacharidokból. Ennek egyenlete:



Ha hypót sósavval öntünk össze, a

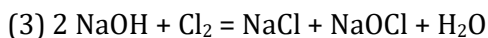


egyenlet szerint klórgáz képződik (ez a takarítás során elkerülendő, viszont kémia szakkörön ilyen módon könnyen állítható elő – kontrollált mennyiségű – klóros víz). A reakció ionegyenletéből:



jobban látható, hogy a folyamat során a hipoklorition klóratomja redukálódik, a kloridion oxidálódik. A folyamat szinproporció, azaz ugyanolyan atom (a hipokloritionban a +1-es oxidációs számú Cl) redukálódik, mint amilyen oxidálódik (a -1-es oxidációs számú kloridion), és egy közös oxidációs állapotban „találkoznak” (klórmolekula: 0). (Az „ $\text{NaOCl} + \text{HCl} = \text{NaOH} + \text{Cl}_2$ ” egyenlet hibás, ugyanis a klór nátrium-hidroxid-oldatból nem oldódik ki.)

A hypót úgy gyártják, hogy klórgázt nyeletnek el nátrium-hidroxid-oldatban:



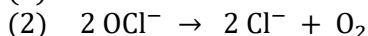
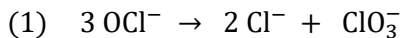
A klór itt diszproporcionálódik. A hypó a hatóanyag, a nátrium-hipoklorit és a maradék nátrium-hidroxid (a lúgos közeg hátráltatja a hipoklorition elbomlását) mellett így szükségszerűen tartalmaz nátrium-kloridot is,

amit fölöslegesen kivonni az oldatból. Ezért a hypóból nemcsak akkor fejlődik klór, ha sósavval savanyítjuk, hanem a (2b) egyenlet szerint bármilyen kellően tömény savas oldat ugyanezt eredményezi. Ez történt a feladatban szereplő 2020. októberi dunaföldvári vegyi balesetben. (Több versenyző úgy „jutott” a klórfejlődéshez szükséges kloridionhoz, hogy feltételezte, a salétromsav mint erősebb sav felszabadítja a hipoklórossavat, ami utána részben sósavra bomlik. Mások a klór vízben való egyensúlyi oldódásának a salétromsav hatására bekövetkező megváltozásával magyarázták a balesetet. Ez a két érvelés figyelmen kívül hagyja a fenti, leglényegesebb reakciót.)

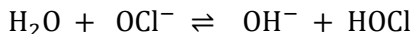
A feladatot Csernyák Milán, Polák Máté, Sajósi Benedek és Keszte Panna hibátlanul oldotta meg, Panna és Benedek válaszaik igényes szerkesztésükkel is kitűntek a többi közül. Szabó Márton szintén gondosan szerkesztett munkájában csupán egy hiba volt, Papp Marcell Imre is 9 pontot ért el. Az utolsó alkérdés bizonyult a legnehezebbnek.

(Keglevich Kristóf)

K376.* a)



b) Az oldat lúgos kémhatású, mert a hipoklorit ion hidrolizál:



c) Mindkét esetben csökken a pH, mert a keletkező klorid és klorát sem hidrolizál.

d) A tömegváltozást a (2) reakcióban fejlődő oxigén okozza, ennek anyagmennyisége $0,6/32 = 0,01875 \text{ mol}$.

Az oldott NaOCl anyagmennyisége $5/74,5 = 0,0671 \text{ mol}$.

A (2) reakcióban elreagált $0,01875 \cdot 2 = 0,0375 \text{ mol OCl}^-$ és keletkezett ugyanennyi Cl^- .

A maradék $0,0296 \text{ mol}$ hipokloritból $0,00987 \text{ mol}$ klorát és további $0,0197 \text{ mol}$ klorid keletkezik.

Összesen:

$$n_{\text{NaCl}} = 0,0572 \text{ mol, ebből } m_{\text{NaCl}} = 3,35 \text{ g,} \quad 3,36 \text{ m/m\%}$$

$n_{\text{NaClO}_3} = 0,00987 \text{ mol}$, ebből $m_{\text{NaClO}_3} = 1,05 \text{ g}$, $1,06 \text{ m/m}\%$

A feladat megoldása során a legtöbben jól gondolkodtak, magas pontszámok születtek.

(Horváth Donát)

K377.* A konyha légtere megkapható, ha a bútorok térfogatát levonjuk a teljes térfogattól: $V(\text{légtér}) = (20 \cdot 2,75 - 5) \text{ m}^3 = 50 \text{ m}^3$. Feltételezve, hogy a szoba 20°C -os, a levegőt ideális gáznak tekintve ez

$$n(\text{légtér}) = p \cdot V / (R \cdot T) = 2079 \text{ mol}$$

gázt jelent, amelyben a $0,22 \text{ ppb}$ (anyagmennyiségi hányadként értelmezve, bár a feladat ezt nem köti ki egyértelműen) így $n(\text{diallil-diszulfid}) = 4,6 \cdot 10^{-7} \text{ mol}$ -nak felel meg. Ez a fokhagymában lévő allicin anyagmennyiség 5% -a, azaz összesen

$$n(\text{allicin, össz}) = n(\text{diallil-diszulfid}) / 0,05 = 9,1 \cdot 10^{-6} \text{ mol}$$

Az allicin moláris tömege $M(\text{allicin}) = 162,27 \text{ g/mol}$, ez alapján a tömege

$$m(\text{allicin}) = n(\text{allicin, össz}) \cdot M(\text{allicin}) = 1,5 \text{ mg.}$$

Mivel 1 g fokhagyma 4 mg allicint tartalmaz, már $0,371 \text{ g}$ fokhagyma feltörése is elegendő, tehát a legkisebb gerezd is tartalmaz annyit (egy 2 g -os gerezdből $0,186$ darab kéne), amennyire ebben a konyhában szükség van a szagérzékeléshez.

Ha a ppb -t tömeghányadban értelmezzük, $\sim 0,07 \text{ g}$ fokhagyma a végeredmény – ezeket a megoldásokat is elfogadtuk.

A feladat könnyűnek bizonyult, többen érték el maximális pontszámot. Leggyakoribb hibának a ppb jelentésének, valamint az allicin/di-allil-diszulfid viszonyának félreértelmezése bizonyult. Néhány esetben előfordult egy súlyosabb elvi hiba, amire legközelebb figyeljete: a gázként jelen lévő komponens tömege nem számítható a folyadékként mérhető sűrűség alapján.

(Szobota András)

K378*. a) Az alábbi táblázatban foglaltuk össze, hogy mit jelölnek a feladatban szereplő egyes betűk.

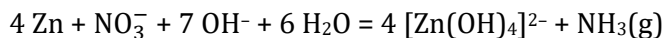
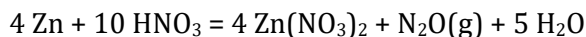
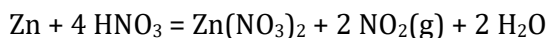
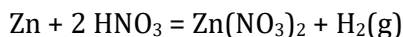
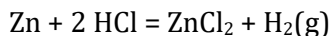
A	B	X	Y	Z	W
HCl	H ₂	NO ₃	NO ₂	N ₂ O	NH ₃

A cink negatív standardpotenciálú fémként sósavoldatból, illetve híg salétromsavoldatból egyaránt hidrogéngázt fejleszt.

A megoldók számára egyértelműen a cink és a különböző töménységű salétromsavoldatok reakciójában keletkező **Y** és **Z** nitrogén-oxidok helyes azonosítása jelentette a legnagyobb gondot. Figyelembe véve a nitrogén standard körülmények között stabil oxidjait, az N₂O, az NO, valamint az NO₂ tömegszázalékos oxigéntartalmát kell vizsgálnunk, amely rendre 36,35 m/m%, 53,32 m/m%, illetőleg 69,55 m/m%. Ezeknek páronként képezve a hányadosát kiderül, hogy nem a sokak által írt NO₂–NO, hanem az NO₂–N₂O vegyületepár a helyes, hiszen az előbbi esetben az arány a várt 1,913 helyett 1,304-nek adódik. Ez a visszatérő hiba rámutat arra, hogy mindig érdemes ellenőrizni a feltételezett megoldásunkat, hogy az összhangban áll-e a feladat állításával. Továbbá arra is felhívja a figyelmet, hogy nem minden esetben ragaszkodhatunk szigorúan a középiskolai tanulmányaink során megszerzett lexikális tudáshoz.

A **W**-re a N₂ helytelen megoldás, ugyanis a cink lúgos közegben ammóniává is képes redukálni a NO₃⁻ ionokat.

b) A példában előforduló, immáron képletekkel megadott öt reakcióegyenletet az alábbiak szerint lehet rendezni.



A feladat alapvetően nem bizonyult nehéznek, a fenti megoldásban vázolt általános hibáktól eltekintve majdnem az összes beküldő helyesen megoldotta a példa többi részét. Arra mindenki rájött, hogy nitrogénvegyületekről van szó, azonban a reakcióegyenletek helyes rendezése olykor megtréfálta a megoldókat. Négy hibátlan, teljes értékű megoldás született, amelyet a Két komponens (Czakó Boróka és Süli Ádám), Sajósi Benedek, Saracco Lucio, illetve Szabó Márton küldött be. Átlagpontszám: 8,08 pont.

(Baglyas Márton)

K379*. A feladat szerint a különböző reakciók után végül egy 25 cm^3 térfogatú, $1,1 \text{ g/cm}^3$ sűrűségű oldathoz jutunk. Ennek tömege $25 \text{ cm}^3 \cdot 1,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} = 27,5 \text{ g}$. Ezt lehűtve $4,49 \text{ g}$ szilárd csapadék válik ki, tehát ezzel egyensúlyban $27,5 \text{ g} - 4,49 \text{ g} = 23,01 \text{ g}$ telített oldat marad. A kivált csapadék képlete alapján felírható, hogy annak hányadrésze a (vízmentes) nátrium-szulfát, így tehát a csapadék nátrium-szulfát tartalma:

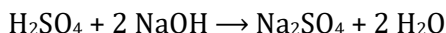
$$4,49 \text{ g} \cdot \frac{(2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{(2 \cdot 23 + 32 + 4 \cdot 16 + 10 \cdot 18) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 1,980 \text{ g}.$$

Az oldhatóság segítségével pedig a lehűlt telített oldat nátrium-szulfát-tartalma is hasonlóan meghatározható (ha kihasználjuk, hogy az oldat tömege az oldott anyag és az oldószer tömegének összege)

$$23,01 \text{ g} \cdot \frac{4,76 \text{ g}}{4,76 \text{ g} + 100 \text{ g}} = 1,046 \text{ g}.$$

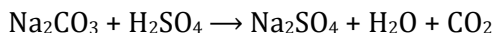
Így tehát a végső rendszer összesen $1,980 \text{ g} + 1,046 \text{ g} = 3,026 \text{ g}$ nátrium-szulfátot tartalmaz.

A második, semlegesítési reakció reakcióegyenlete a következő:



A felhasznált lúgoldat térfogata $3,67 \text{ cm}^3 = 3,67 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3$ volt, így a NaOH anyagmennyisége $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3 \cdot 2 \frac{\text{mol}}{\text{dm}^3} = 7,34 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. A reakcióegyenlet szerint az ebben a reakcióban reagáló kénsav és a keletkező nátrium-szulfát anyagmennyisége a nátrium-hidroxid anyagmennyiségének fele, azaz $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. Tehát ebben a reakcióban $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 142 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,521 \text{ g}$ nátrium-szulfát keletkezett, és $3,67 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \cdot 98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 0,360 \text{ g}$ kénsav reagált el.

Ez alapján a másik, nátrium-karbonát és kénsav között lejátszódó reakcióban a maradék $3,026 \text{ g} - 0,521 \text{ g} = 2,505 \text{ g}$ nátrium-szulfátnak kellett keletkeznie, mely $\frac{2,505 \text{ g}}{142 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 0,01764 \text{ mol}$ anyagnak felel meg. Ezen reakció reakcióegyenlete a következő:



Látható tehát, hogy a reagáló nátrium-karbonát és kénsav, valamint a keletkező nátrium-szulfát anyagmennyisége azonos. Ez alapján tehát $0,01764 \text{ mol} \cdot (2 \cdot 23 + 12 + 3 \cdot 16) \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,870 \text{ g}$ nátrium-karbonát és $0,01764 \text{ mol} \cdot 98 \frac{\text{g}}{\text{mol}} = 1,729 \text{ g}$ kénsav reagált. Tehát a kiindulási nátrium-karbonát oldatban a nátrium-karbonát tömegszázaléka $\frac{1,870 \text{ g}}{10 \text{ g}} \cdot 100 \% = 18,7 \%$.

A felhasznált kénsav teljes mennyisége elreagált a két reakcióban, azaz $0,360 \text{ g} + 1,729 \text{ g} = 2,089 \text{ g}$ kénsav reagált el. Ez a 33,4 m/m%-os oldatból származott, melynek tömege ez alapján $\frac{2,089 \text{ g}}{0,334} = 6,254 \text{ g}$. Így a hozzáadott kénsavoldat térfogata $\frac{6,254 \text{ g}}{1,25 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}} = 5,00 \text{ cm}^3$ volt.

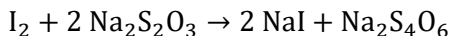
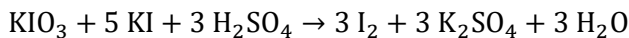
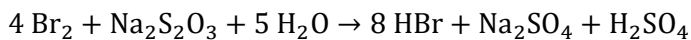
A feladat viszonylag könnyűnek bizonyult, sok hibátlan megoldás is érkezett. Az átlagpontszám ennek megfelelően magas, 8,59 pont lett.

(Csorba Benjámin)

H336. a) Az y és az x aránya a következőképpen számítható: $y/x = n(\text{H})/n(\text{C}) = [(1 - w(\text{C}))/M(\text{H})]/[w(\text{C})/M(\text{C})] \approx 1,33$ ez körülbelül $4/3$, így az általános képlet: $(\text{C}_3\text{H}_4)_n$. Az x és az y értéke pedig 3 és 4.

b) A feladat szövege alapján a vízáddíció során acetont keletkezik. Az acetont összegképlete $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$, ebből levonva az addicionálódott vízmolekula összegképletét, C_3H_4 -et kapunk (tehát itt $n = 1$). Ez alapján egy olyan C_3H_4 összegképletű anyagot keresünk, amelyen vízáddíciót végrehajtva acetont kapunk végtermékként. Ilyen összegképletű anyag a ciklopropén, a propin és a propadién (allén). Ezek közül az utóbbi kettő vízáddíciója során először propén-2-olt ad termékül, majd ez átalakul acetonná (oxo-enol tautóméria). Így a keresett anyag lehetett a propin és a propadién is.

A szénhidrogén és a bróm közötti addíciós reakció brómfeleslegét határozzuk meg. A bróm és a nátrium-tioszulfát reakciójában szulfátion keletkezik. Így a lejátszódó reakciók egyenletei:



c) A következőkben el kell dönteni, hogy a kálium-jodát és a kálium-jodid szinproporciós reakciójában melyik komponens határozza meg azt, hogy mennyi jód keletkezik. Ezt úgy tehetjük meg a legkönnyebben, ha kiszámoljuk, hogy mennyi jód keletkezne az adott reaktáns mennyiségéből, és megnézzük, hogy melyik a legkevesebb. Ezt kiszámolva az alábbi eredményeket kapjuk:

KIO ₃	KI	H ₂ SO ₄
0,500 mmol	0,825 mmol	1,00 mmol

Ez alapján a kálium-jodát fogja meghatározni a reakció lejátszódásának a mértékét, így a mérés során 0,500 mmol jód vesz részt a reakciókban.

A mérés során a többi anyag anyagmennyisége:

Br ₂	Na ₂ S ₂ O ₃	Na ₂ S ₂ O ₃ titrálásnál
10,0 mmol	2,00 mmol	0,750 mmol

A mérés alapján 0,750 mmol fele azaz, 0,375 mmol jód volt feleslegben, tehát $0,500 - 0,375 = 0,125$ mmol jód reagált el a nátrium-tioszulfát feleslegével. Így $0,125 \cdot 2 = 0,250$ mmol tioszulfátion volt feleslegben, ami alapján $2,00 - 0,250 = 1,75$ mmol tioszulfát reagált el. Azaz $4 \cdot 1,75 = 7,00$ mmol bróm volt feleslegben, tehát 3,00 mmol bróm addicionálódott a 0,800 gramm szénhidrogén tizedére, azaz 80,0 milligrammra.

Ez alapján a szénhidrogén moláris tömege

$$M = m/n = 80,0 \text{ mg} / (3,00 \text{ mmol} / k) = k \cdot 80/3 \text{ g/mol}$$

ahol k a szénhidrogénben található szén-szén kettőskötések száma. A feladat szövege alapján ez csak $k = 3$ esetén ad megfelelő moláris tömeget, így $M(\text{szénhidrogén}) = 80 \text{ g/mol}$.

Ez az általános képlet alapján $M(\text{szénhidrogén})/M(\text{C}_3\text{H}_4) = 2$, tehát a szénhidrogén összegképlete, C₆H₈. A második feltételt (síkalkat) a C₆H₈ összegképletű szénhidrogének közül pedig csak a *cisz*-hexa-1,3,5-trién, a *transz*-hexa-1,3,5-trién és a 3-metilidénpenta-1,4-dién teljesíti.

d) A szénhidrogénről tudjuk, hogy C₆H₈ az összegképlete és hogy C₃H₄O₂ összegképletű anyag keletkezik belőle redukív ozonolízis hatására. A C₃H₄O₂ két olyan vegyület összegképlete amelyben karbonilcsoport található, de szén-szén kétszeres kötést nem tartalmaz. Az egyik a 2-

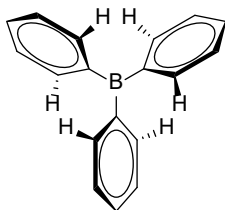
oxopropanal, a másik a propándial. Ezek alapján a három lehetséges szénhidrogén az 1,2-dimetilciklobuta-1,3-dién, az 1,3-dimetilciklobuta-1,3-dién és a ciklohexa-1,4-dién.

Lehet mind a két $C_3H_4O_2$ összegképletű vegyületnek tautomere. A 2-oxopropanalnak a tautomere a 2-hidroxipropán-2-énal, amely az instabilabb. A propándialnak a tautomere a 3-hidroxipropán-2-énal, amely a stabilabb. Mind a két esetben a kettős kötések konjugációja, valamint az esetleges intramolekuláris hidrogénkötés létrejötte szabja meg, hogy melyik tautomer lesz a stabilabb.

A feladat nem bizonyult könnyűnek. A legnagyobb nehézséget az összes lehetséges izomer megtalálása jelentette. Az átlagpontoszám 6,01 lett. Kimagasló megoldást küldött be Farkas Izabella és Sajósi Benedek.

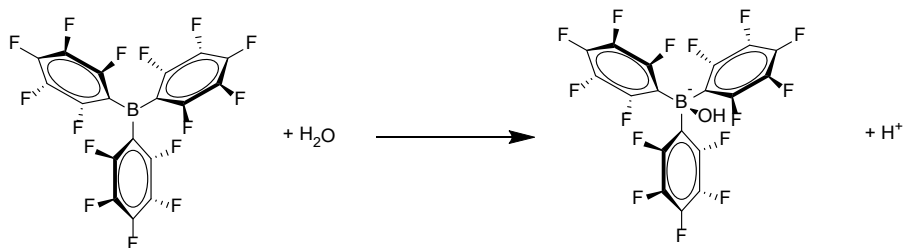
(Ficsór István Dávid)

H337. a) Mivel a szabályos hatszög belső szögei ugyanúgy 120° -osak, mint az sp^2 hibridizációjú atomok kötésszögei, így a trifenilboránban a H-C-C-B-C-C-H molekulárszlet két hidrogénje azonos térrészt kellene, hogy elfoglaljon (hasonló kötésszögek esetén), ami nyilvánvalóan lehetetlen. Ehelyett a konjugáció sérül, az aromás gyűrűk kifordulnak a síkból.



A trifenil-borán térszerkezetét propelleralakúként is jellemezhetjük (nem összetévesztendő a propellánokkal).

b) A bór a szintén harmadik főcsoportbeli alumíniumhoz hasonlóan koordinálni tud a vízhez, és stabilizálni annak disszociációjával keletkező hidroxidiont.

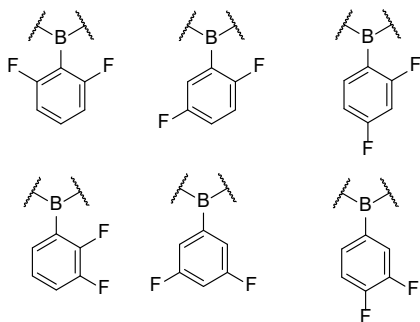


Analóg módon például az alábbi reakcióhoz.



c) Egy fluort egy benzolgyűrűre háromféleképpen tudunk felrajzolni (orto-, meta- vagy para helyzetbe a bórhoz képest). Más variációs lehetőség nincs, így egy fluoratommal három lehetséges izomer állítható elő.

d) Az öt fluort 5+0+0, 3+1+1, vagy 1+2+2 arányban oszthatjuk szét a három benzolgyűrűre. Mivel egy, kettő, három és öt fluor rendre három, hat, szintén hat és egy lehetséges konstitúciót ad, egy, $6 \times 3 = 18$, vagy $3 \times 6 = 18$, összesen **37** regioizomerrel kell számolnunk, attól függően, hogy miként oszlanak meg a fluorok az aromás gyűrűk között. (A gyűrűk konstitúciói egymástól függetlenek.) Itt páran felvetették, hogy a gátolt rotáció miatt néhány borán királis lehet, azonban ez nincs így, csak ha a fluort még nagyobb csoportokra (pl. brómra) cseréljük. A kettő fluoratomos gyűrű izomereit az alábbi ábra mutatja (a három fluoratomot tartalmazó gyűrűk a hidrogén és fluoratomok képzeletbeli felcserélésével származtathatók).



e) A fentiekkel analóg módon, minden pentafluoro-trifenilborán megfeleltethető pontosan egy dekafluoro-trifenilboránnak, ha a

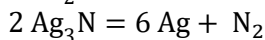
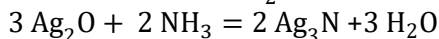
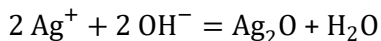
hidrogénatomokat és fluoratomokra cseréljük és viszont. Tehát a megoldás a c) részhez hasonlóan 37.

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális, vagy a közeleli pontot ért el. Sokan belebonyolódtak az izomerek egyesével történő rajzolásába ahelyett, hogy részenként számolták volna össze a lehetőségeket.

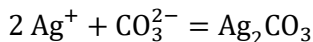
(Forman Ferenc)

H338. A feladatban az Ag, N, H és O elemek fordulnak elő. Bár a nitrogén és hidrogén vegyületei között vannak robbanékonyak, ezek nem fekete kristályok, így csak az Ag és N lehetnek **X** és **Y** elemek. **A** és **C** más elemet nem tartalmaznak, így a moláris tömegekből könnyen kiszámítható, hogy a kérdéses vegyületek rendre Ag_3N és AgN_3 képletűek. **B** vegyület esetén az Ag:N arány 1:1, ezen felül 1 mol ezüstre 28 g egyéb elemet tartalmaz. Bár más kombinációk is helyesek matematikailag, egyedül az Ag-CNO (ezüst-fulminát) az, ami létezik és közismerten robbanékony. Hát-ravan azonban a feketelevés!

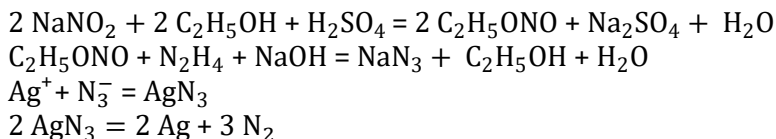
Bár az ezüsttűkörpróba során veszélytelenül önthetjük a szalmiákszeszt az ezüst-oxidra, megfelelően tömény oldat esetén veszélyes ezüst-nitrid keletkezhet. (Ne feledjük, hogy mivel nem szintetikus módszerről van szó, hanem balesetvédelemről, egy kismértékben lejátszódó mellékreakciót is figyelembe kell venni.)



Az ezüst-fulminátot jellemzően tömény salétromsavas közegben állítják elő, azonban a feladatban szereplő bázikus körülmények között is keletkezhet ezüst-karbonátból. A karbonátionok esetleges jelenlétével pedig minden NaOH-oldat használata esetén számolni kell.



A második reprodukció a hidrazin diazotálása, majd a keletkező azidion kicsapódása az ezüstionokkal. Mivel a feladatrész szövegében nem szerepelt explicit az ezüst, ezeket a reakcióegyenleteket nem értékeltük.



A feladat remélhetőleg például szolgál arra, hogy veszélytelennek tűnő műveletek elvégzése esetén is be kell tartanunk a biztonsági előírásokat. A vegyületeket majdnem mindenki megtalálta, a reakciók felírásába csúszott csak hiba itt-ott.

(Forman Ferenc)

H339. a) A grafitrács elemi cellájának többféle testet is lehet venni, leg-egyszerűbb, ha a hatszögalapú ferde hasábot jelöljük ki, mely mindkét alapján hat szénatomot érint. Egy ilyen cellára két szénatom jut, magassága h , ami egyúttal a rétegek közötti magasság is, míg alapja egy a él-hosszúságú szabályos hatszög, ahol a az sp^2 hibridállapotú szénatomok kovalens sugarának kétszerese, vagyis a C-C kötéshossz. Ennek a hatszögnek a területe:

$$A = \frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2$$

A ferde hasáb térfogata

$$V = A \cdot h$$

Így a sűrűsége

$$\rho = \frac{m}{V} = \frac{2 \cdot m_{\text{szénatom}}}{A \cdot h} = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} / N_A}{\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2 \cdot h}$$

Az egyenletet átrendezve, majd az adatokat behelyettesítve kapjuk a rétegek közötti távolságot (h).

$$h = \frac{2 \cdot 12 \frac{\text{g}}{\text{mol}} / N_A}{\frac{3 \cdot \sqrt{3}}{2} \cdot a^2 \cdot \rho} = 338 \text{ pm}$$

A feladat könnyűnek bizonyult, a beküldők többsége maximális pontot ért el.

(Forman Ferenc)

H340. a) A kért egyensúlyi állandók a következők:

$$K_{\text{i}} = \left(\frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0} \right)^2$$

$$K_{\text{ii}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0}$$

$$K_{\text{iii}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0}$$

$$K_{\text{iv}} = \frac{p_{\text{H}_2\text{O}}}{p^0}$$

A képletekben $p_{\text{H}_2\text{O}}$ a víz parciális nyomása a gáztérben, míg $p^0 = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$. Az ezzel való osztás formailag azért szükséges, hogy csak a bar-ban megadott nyomás számértékét kapjuk, mértékegység nélkül, mivel definíció szerint az egyensúlyi állandónak nincs mértékegysége. A középiskolában előfordul, hogy kiírják az egyensúlyi állandó mértékegységét, mivel ez az ott tanult képletek használatában nem okoz gondot. Azonban ezen mértékegységek logaritmusát nem lehet értelmezni, így, amennyiben az egyensúlyi állandónak lenne mértékegysége, nem tudnánk értelmezni például a feladatban is szereplő $\Delta G^0 = -RT \ln K$ képletet (melyben ΔG^0 egy adott reakció standard szabadentalpia-változása, R az ideális gázállandó, T a K-ben kifejezett hőmérséklet). A javítás során erre a feladatrésze maximális pontot adtunk akkor is, ha valaki csak a víz parciális nyomását szerepeltette, az itt leírt osztás nélkül.

b) Sajnálatos módon ebbe a feladatrészebe hiba csúszott. A feladatban megadott empirikus képletek nem bar-ban, hanem Pa-ban adják meg a víz egyensúlyi parciális nyomásait. Voltak olyan versenyzők, akik észlelték a hibát, és helyesen, Pa mértékegységben számoltak. Természetesen

ennek észlelése nem lehet elvárás, így aki bar-ban értelmezte a képleteket, szintén maximális pontszámra volt jogosult, amennyiben ezt alapul véve helyesen számolt. Ebben az esetben akkora egyensúlyi nyomások jöttek ki, amik a következő két feladatrészen azt eredményezték, hogy a kristályvizes formák teljesen elbomlottak a végső, vízmentes formára, azaz a víz teljes mennyisége a gáztérbe került. Egy másik értelmezés szerint a c) feladatrészen $\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ és CuSO_4 keletkezett. Ezekre a megoldásokra is járt a teljes pontszám.

A kért Pa-ban mért minimális parciális nyomások a feladatban megadott empirikus összefüggések segítségével számíthatók ki $T = 400 \text{ K}$ hőmérsékleten:

$$\begin{aligned} p_{5 \rightarrow 3} &= 10^{13,0864 - \frac{2998,91}{T}} = 10^{13,0864 - \frac{2998,91}{400}} = 3,88 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p_{3 \rightarrow 2} &= 10^{11,9383 - \frac{2693,86}{T}} = 10^{11,9383 - \frac{2693,86}{400}} = 1,60 \cdot 10^5 \text{ Pa} \\ p_{1 \rightarrow 0} &= 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{T}} = 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{400}} = 2,68 \cdot 10^3 \text{ Pa} \end{aligned}$$

Tehát a vízre vonatkozóan minimum $2,68 \cdot 10^3 \text{ Pa}$ parciális nyomás szükséges ahhoz, hogy az 1 mól kristályvizet tartalmazó forma stabilis legyen. Ha adott esetben a parciális nyomás nem éri el ezt az értéket, akkor a Le Chatelier-Braun elv alapján mindaddig a kristályvizes só bomlása figyelhető meg, ameddig a gáztérben a vízgőz nyomása egyenlővé nem válik ezzel a minimális értékkel. Ekkor beáll az egyensúly. Hasonlóan értelmezhető a 3 mól kristályvizet tartalmazó forma stabilitásához szükséges minimum $1,60 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ parciális nyomás, és az 5 mól kristályvizet tartalmazó forma stabilitásához szükséges minimum $3,88 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ parciális nyomás. Látható, ahogy az persze logikusan várható is volt, hogy minél nagyobb a gáztér vízgőztartalma, annál nagyobb kristályvíztartalmú formák lesznek stabilisak.

c) A megadott termodinamikai adatokból kiszámíthatjuk, hogy 400 K-en a 2 mól kristályvizet tartalmazó só stabilitásához a gáztérben minimum mekkora parciális nyomás szükséges a vízre vonatkoztatva (a többi kristályvizes sóhoz tartozó adatot már az előző részben meghatároztuk 400 K hőmérsékleten). A reakció standard entalpiaváltozása a standard képződési entalpiákból a középiskolában is tanult módon számítható:

$$\begin{aligned} \Delta H^0 &= \\ &= \Delta_f H^0(\text{H}_2\text{O}) + \Delta_f H^0(\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) - \Delta_f H^0(\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta H^0 &= -238,90 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - 1071,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} - \left(-1393,7 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}} \right) \\ &= 83,1 \frac{\text{kJ}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

A reakció standard entrópiaváltozása hasonló elven számolható a megadott standard entrópiaértékekből:

$$\begin{aligned}\Delta S^0 &= S^0(\text{H}_2\text{O}) + S^0(\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}) - S^0(\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}) \\ \Delta S^0 &= 197,17 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} + 188,36 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} - \left(181,25 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \right) \\ \Delta S^0 &= 204,28 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}\end{aligned}$$

Ezen két adat, és a hőmérséklet segítségével már kiszámíthatjuk a reakció standard szabadentalpia-változását 400 K hőmérsékleten:

$$\begin{aligned}\Delta G^0 &= \Delta H^0 - T\Delta S^0 = 83100 \frac{\text{J}}{\text{mol}} - 400 \text{ K} \cdot 204,28 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \\ \Delta G^0 &= 1388 \frac{\text{J}}{\text{mol}}\end{aligned}$$

Ezek után a $\Delta G^0 = -RT \ln K$ képletből az adott egyensúlyi állandót már kifejezhetjük:

$$K_{\text{iii}} = e^{-\frac{\Delta G^0}{RT}} = e^{-\frac{1388 \frac{\text{J}}{\text{mol}}}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400 \text{ K}}} = 0,6588$$

Ez alapján a 2 mól kristályvizet tartalmazó forma minimum $p_{2 \rightarrow 1} = 0,659 \text{ bar} = 6,59 \cdot 10^4 \text{ Pa}$ vízgőzre vonatkoztatott parciális nyomáson stabilis.

A reakcióedénybe helyezett kristályvizet réz-szulfát anyagmennyisége:

$$n = \frac{0,640 \text{ g}}{(159,5 + 5 \cdot 18) \frac{\text{g}}{\text{mol}}} = 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

Ebből maximum $n_{\text{max}} = 5 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 0,01283 \text{ mol}$ víz szabadulhat fel. Ekkor a reakcióedényben a vízgőz p_{max} maximális parciális nyomását az ideális állapotegyenlet alapján számolhatjuk ki ($V = 500 \text{ ml} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3$ a reakcióedény térfogata):

$$p_{\text{max}} V = n_{\text{max}} R T$$

$$p_{\max} = \frac{n_{\max}RT}{V} = \frac{0,01283 \text{ mol} \cdot 8,314 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}} \cdot 400 \text{ K}}{5 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3} = 8,53 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Látható, hogy még ez a maximális érték is kevesebb, mint $p_{5 \rightarrow 3}$ és $p_{3 \rightarrow 2}$, tehát az 5 és 3 mól kristályvizet tartalmazó formák nem lehetnek stabilak az egyensúlyban, viszont ez az érték több, mint a 2 és 1 mól kristályvizet tartalmazó formák stabilitásához szükséges minimális érték. Azonban, ha ezek keletkeznek, akkor a teljes vízvesztéshez tartozó maximális értéknél kisebb lesz a gáztér parciális nyomása. Amennyiben csak a 2 mól kristályvizet tartalmazó formáig játszódik le a vízvesztés, a vízgőz parciális nyomása a maximális érték 3/5 része (mert az 5 mól kristályvízből 3 mól leadása ment végbe), azaz ekkor

$$p'_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{3}{5} \cdot p_{\max} = \frac{3}{5} \cdot 8,53 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 5,12 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Ez az érték azonban kisebb, mint $p_{2 \rightarrow 1}$, azaz ekkor még nem stabilis a 2 mól kristályvizet tartalmazó forma. Emiatt további vízvesztés következik be mindaddig, amíg a vízgőz parciális nyomása el nem éri $p_{2 \rightarrow 1}$ értékét. Amennyiben az iii. reakció teljesen végbe menne, akkor ebben a reakcióban a teljes vízvesztéshez tartozó vízmennyiség 1/5-e távozna, azaz ekkor a vízgőz parciális nyomása a következő értékkel nőne:

$$\Delta p'_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{1}{5} \cdot p_{\max} = \frac{1}{5} \cdot 8,53 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1,71 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Azonban $p_{2 \rightarrow 1}$ eléréséhez csak a következő növekményre van szükségünk:

$$\Delta p_{\text{H}_2\text{O}} = p_{2 \rightarrow 1} - p'_{\text{H}_2\text{O}} = 6,59 \cdot 10^4 \text{ Pa} - 5,12 \cdot 10^4 \text{ Pa} = 1,47 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

Ez alapján az iii. reakció konverziója a következő:

$$X = \frac{\Delta p_{\text{H}_2\text{O}}}{\Delta p'_{\text{H}_2\text{O}}} = \frac{1,47 \cdot 10^4 \text{ Pa}}{1,71 \cdot 10^4 \text{ Pa}} = 0,860$$

Tehát ez a reakció 86 %-ban megy végbe. Így az egyensúlyi elegy összetétele így a következő:

$$\text{CuSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}: 0,86n = 0,86 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 2,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

$$\text{CuSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}: 0,14n = 0,14 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 3,59 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$\text{H}_2\text{O}: (3 + 0,86)n = 3,86 \cdot 2,565 \cdot 10^{-3} \text{ mol} = 9,90 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

A nyomás pedig $p_{2 \rightarrow 1} = 0,659$ bar, hiszen a reakcióedény evakuált volt, azaz kezdetben semmilyen gáz nem volt benne, így a nyomás azonos a vízgőz parciális nyomásával.

d) $T' = 600 \text{ K}$ hőmérsékleten is használhatjuk az empirikus egyenleteket. Ezek alapján az egyetlen mól kristályvizet tartalmazó forma stabilizálásához szükséges minimális vízre vonatkoztatott parciális nyomás:

$$p'_{1 \rightarrow 0} = 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{T'}} = 10^{10,1759 - \frac{2698,81}{600}} = 4,76 \cdot 10^5 \text{ Pa}$$

Látható, hogy még ez is kisebb $p_{\max}$ értékének másfélszeresénél (mivel állandó térfogaton másfélszeresére nőtt a K-ben mért hőmérséklet, így a maximális nyomás is másfélszeresére emelkedik), azaz még a teljes vízvesztés sem tudna ekkora nyomást biztosítani (a többi forma stabilizálásához még nagyobb parciális nyomás kellene). Ennek megfelelően tehát a végállapotban kizárólag száraz réz-szulfát lesz jelen, melynek anyagmennyisége azonos a kiindulási anyagmennyiséggel, azaz $n = 2,57 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$. A keletkező víz mennyisége $n_{\max} = 0,0128 \text{ mol}$, a nyomás pedig $1,5p_{\max} = 1,28 \cdot 10^5 \text{ Pa}$.

A feladat a hibás feladatkitűzés ellenére (illetve az abból kifolyólag alkalmazott megengedő pontozás miatt is) viszonylag könnyűnek bizonyult a beküldők számára, több közel helyes megoldás is érkezett (ezek jellemzően 0,5-1 pontvesztéssel járó megoldások voltak, például számolási hiba miatt). Teljesen hibátlan megoldást egyedül Turányi Vilmos küldött. Az átlagpontoszám 7,96 pont volt.

(Csorba Benjámin)